

3次元画像撮影装置

特開2000-65542

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-65542

(P2000-65542A)

(43)公開日 平成12年3月3日 (2000.3.3)

(51)Int.Cl.
G 0 1 B 11/24
G 0 6 T 7/00

識別記号

F I
G 0 1 B 11/24
G 0 6 F 15/62テーマコード (参考)
A 2 F 0 6 5
K 5 B 0 5 7
4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数7 FD (全9頁)

(21)出願番号 特願平10-247796
(22)出願日 平成10年8月18日 (1998.8.18)(71)出願人 000005496
富士ゼロックス株式会社
東京都港区赤坂二丁目17番22号
(72)発明者 安部 勉
神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内
(72)発明者 加藤 裕樹
神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内
(74)代理人 100093470
弁理士 小田 富士雄 (外2名)

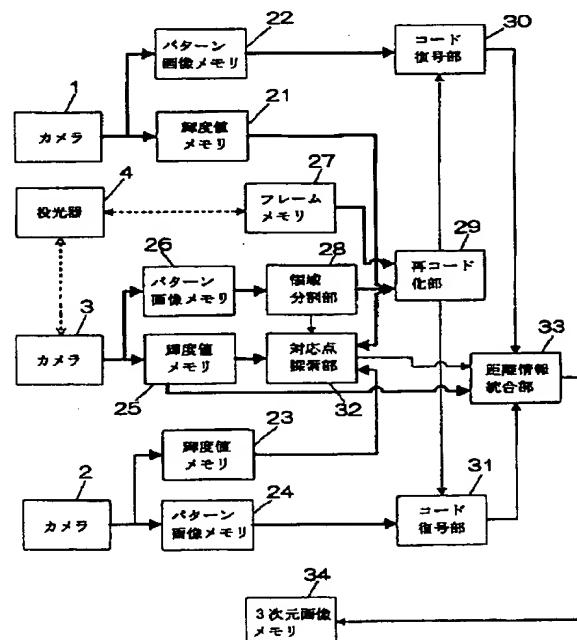
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 3次元画像撮影装置

(57)【要約】

【課題】 対象物に依存せず精度良く3次元画像を撮影可能な3次元画像撮影装置を提供する。

【解決手段】 コード化されたパターンを投影する投光器4と、投光器の光軸方向から投影パターンを撮影するカメラ3と、投光器4の光軸方向と異なる方向から投影パターンを撮影するカメラ1、2とを備える。投影パターンに対するカメラ3による撮影パターンの変化量が所定値以上かどうかを領域分割部28で判断し、所定値以上の領域には再コード化部29で新たなコードを割り付ける。コード復号部30、31では、この割り付けられたコードを用いてカメラ1、2による撮影パターンから距離情報を生成し、距離情報統合部33でこの距離情報とカメラ3より得られた輝度情報を基づいて3次元画像を得るよう構成する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コード化されたパターンを投影する投光器と、前記投光器の光軸方向から前記投影パターンを撮影する第1のカメラと、前記投光器の光軸方向と異なる方向から前記投影パターンを撮影する第2のカメラとを備え、前記投影パターンに対する第1のカメラによる撮影パターンの変化量が所定値以上の領域について新たなコードを割り付け、前記割り付けたコードを用いて第2のカメラによる撮影パターンから第1の距離情報を生成し、第1の距離情報および第1のカメラより得られた輝度情報に基づいて3次元画像を得るよう構成したことを特徴とする3次元画像撮影装置。

【請求項2】 前記投影パターンに対する第1のカメラによる撮影パターンの変化量が所定値未満の領域について、第1のカメラおよび第2のカメラより得られた各輝度情報の対応づけにより第2の距離情報を生成し、第1の距離情報、第2の距離情報および第1のカメラより得られた輝度情報を用いて3次元画像を得るよう構成したことを特徴とする請求項1記載の3次元画像撮影装置。

【請求項3】 前記投光器は不可視領域の光を発生する光源を有し、第1のカメラは不可視領域の光を透過するフィルターおよび不可視領域の光を遮断するフィルターを有することを特徴とする請求項1記載の3次元画像撮影装置。

【請求項4】 前記投光器はパターンの投影を1フレームおきに行い、第1のカメラはパターンの撮影と輝度情報の取得をフレーム毎に交互に行うよう構成したことを特徴とする請求項1記載の3次元画像撮影装置。

【請求項5】 第2のカメラは、同一平面上で第1のカメラを挟んで設けられた第3のカメラおよび第4のカメラから構成されることを特徴とする請求項1記載の3次元画像撮影装置。

【請求項6】 コード化されたパターンを投影し、前記パターンの投影と同じ光軸方向および異なる光軸方向からそれぞれ前記投影パターンを撮影し、前記投影パターンに対する前記同じ光軸方向から撮影した撮影パターンの変化量が所定値以上の領域について新たなコードを割り付け、前記割り付けたコードを用いて前記異なる光軸方向から撮影した撮影パターンから距離情報を生成し、前記距離情報および前記同じ光軸方向から撮影して得た輝度情報に基づいて3次元画像を得ることを特徴とする3次元画像撮影方法。

【請求項7】 入射光を分割する光分割部と、前記分割された光を不可視領域透過フィルターを介して撮像する第1の撮像部と、前記分割された光を不可視領域遮断フィルターを介して撮像する第2の撮像部とを備えたことを特徴とするカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、輝度情報および距

離情報から3次元画像情報を生成する3次元画像撮影装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来から、対象物体の形状を測定する手法として、パッシブ手法（shape from X、ステレオ視）とアクティブ手法（レーザーレーダ、パターン投影、スポット投影）とが知られている。このうち、パッシブ手法は汎用的であり対象物体に対する制約が少ないという特色を有し、一方、アクティブ手法は一般的に計測精度は高いが投光手段の限界などにより測定できるレンジが小さい場合が多いという特色を有する。

【0003】 アクティブ手法の一つであるパターン投影法では、対象とする物体に基準となるパターン光を投影し、このパターン光が投影された方向とは異なる方向から投影パターンを撮影する。撮影されたパターンは、物体の形状によって変形を受けたものとなる。この撮影された変形パターンと投影したパターンとの対応づけを行うことで、物体の3次元計測を行うことができる。

【0004】 パターン投影法では、変形パターンと投影したパターンの対応づけを、いかに誤対応を少なくかつ簡便に行うかが課題となる。そこで、様々なパターン投影の手法（空間パターンコード化、モアレ、色符号化など）が提案されている。例えば、特開平5-332737号公報には、空間コード化法を用いた小型で簡易な形

状計測装置が開示されている。この装置は、レーザ光源と、レーザ光をスリット形に整形するレンズ系と、整形されたレーザ光を対象物に照射し走査するスキャンニング装置と、対象物からの反射光を検出するCCDカメラと、これらを制御する装置とからなる。対象物をスキャンニング装置によってレーザ光で走査すると、レーザ光の照射された部分と照射されない部分が生じ縞模様が形成される。レーザ光の照射を複数の異なるパターンにより行うことで、対象物はN個の識別可能な部分に分割される。対象物を異なる位置からCCDカメラで撮影した画像上の各画素が、分割されたどの部分に含まれるかを判別することにより、対象物の形状を算出することができる。ここで解像度を高くする為には、複数回のレーザによる走査と複数回のカメラによる撮影が必要となる。例えば、画面を256の領域に分割するには8回の撮影

が必要である。そのため動きの早い物体の撮影は困難となり、更にスキャンを行う間は撮影系を確実に固定しておく必要があるので、装置自体は簡便となっても手軽に撮影を行う事は難しい。

【0005】 パターンの投光回数を減らすものとして、例えば特開平3-192474号公報に開示された色符号化法がある。色符号化法においては、q、kを2以上の所定の自然数とした時、q色以上の色を用いて、隣接する2本のスリット光が同色にならず、隣接するk本のスリット光による色の並びが1度しか現れないように符号化されたパターンを投影し、観測された画像からスリ

ットの色を検出し、該当スリットの色並びからスリット番号を取得する。このスリット番号からスリットの照射方向を算出することにより、空間コード化法の場合と同様にして距離を算出することができる。色符号化法では、コード列の並びからコードを復元する為に、コードの復元の計算量が大きいという問題がある。例えば、赤、緑、青の3色を用いて256の領域に分割したい場合には、スリットの周囲8本のスリット光の並びを知る必要がある。従ってこの方法は、連続してスリットが長く観測できるような形状の物体の計測にしか適さない。

【0006】スリットの復元を容易に行い、更に1回でコード化されたパターンを投影するものとして、例えば特許第2565885号公報で提案されているような空間パターンコード化法がある。この方法は、3値以上の濃淡、又は3色以上の色、又は濃淡と色の組み合わせによる3種類以上の階調領域を有する。そして、階調領域の境界線の交点において少なくとも3種類の階調領域が互いに接するように配置した多値格子板パターンを具備し、このパターンを被測定対象物に投影して生じる投影像の交点に階調の種類と順序に応じた主コードを付与する。そして、この主コードを、または前記交点の主コードとその周囲交点の主コードとを組み合わせた組み合わせコードを、先の交点の識別用の特徴コードとして付与するものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の方法では、撮影対象によってはコード化が崩れてしまい正しいコードの対応づけができなくなる場合がある。例えば、光源により投光されたパターン列をカメラで撮影したとき、撮影されたパターン列に欠落や反転が生じることがある。また、対象物の形状や反射率などによっても投光したパターン列と撮影されたパターン列の変化により対応づけが困難となる場合がある。

【0008】この問題に対して、色符号化法においては、スリットの欠落や反転の可能性があるパターンについては復号を行わないようにして、この問題を避けている。また空間パターンコード化法では、2次元パターンを用いて前述の誤りの可能性を低減してはいるが、対象物によっては原理的に同じ誤りが生じてしまう。したがってこの方法は、実験室の特殊な状況や対象物体を限定した状況での撮影では優れた精度が得られるものの、対象物体を限定しない一般的な撮影状況では精度の劣化は否めない。

【0009】また、光源を用いて投光を行う手法では、広いレンジを有するものを対象とした時に、投光パターンの届かない部位については3次元形状が得られない。さらに、投光パターンが対象物に遮られて生じる影の領域も、距離の計測ができないため3次元形状が得られないという問題がある。

【0010】従って本発明の目的は、対象物に依存せず

精度良く3次元画像を撮影可能な3次元画像撮影装置を提供することにある。

【0011】また、本発明の他の目的は、輝度情報と距離情報を同時に取得可能な3次元画像撮影装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的は、コード化されたパターンを投影する投光器と、投光器の光軸方向から投影パターンを撮影する第1のカメラと、投光器の光軸方向と異なる方向から投影パターンを撮影する第2のカメラとを備え、投影パターンに対する第1のカメラによる撮影パターンの変化量が所定値以上の領域について新たなコードを割り付け、割り付けたコードを用いて第2のカメラによる撮影パターンから第1の距離情報を生成し、第1の距離情報および第1のカメラより得られた輝度情報に基づいて3次元画像を得るよう構成した3次元画像撮影装置により、達成される。

【0013】投影パターンに対する第1のカメラによる撮影パターンの変化量が所定値未満の領域については、

20 第1のカメラおよび第2のカメラより得られた各輝度情報の対応づけにより、第2の距離情報を生成することができる。この第2の距離情報は、上述の3次元画像の生成に用いられる。また、第2のカメラは、同一平面上で第1のカメラを挟んで設けられた第3のカメラおよび第4のカメラから構成することができる。

【0014】上記他の目的は、投光器に不可視領域の光を発生する光源を用いることにより、達成される。この場合、第1のカメラには、入射光を分割する光分割部と、分割された光を不可視領域透過フィルターを介して撮像する第1の撮像部と、分割された光を不可視領域遮断フィルターを介して撮像する第2の撮像部とを備える。また、このような光源を用いることなく、投光器からパターンの投影を1フレームおきに行い、第1のカメラでパターンの撮影と輝度情報の取得をフレーム毎に交互に行うようにしてもよい。

【0015】本発明に係る3次元画像撮影方法は、コード化されたパターンを投影し、投影したのと同じ光軸方向および異なる光軸方向から投影パターンをそれぞれ撮影し、投影パターンに対する同じ光軸方向から撮影した40撮影パターンの変化量が所定値以上の領域について新たなコードを割り付け、この割り付けたコードを用いて異なる光軸方向から撮影した撮影パターンから距離情報を生成し、この距離情報および同じ光軸方向から撮影して得た輝度情報に基づいて3次元画像を得るようにしたものである。

【0016】これにより本発明では、対象物に依存せず精度良く3次元画像を撮影可能な3次元画像撮影装置を得ることができ、また輝度情報と距離情報を同時に取得可能となる。

50 【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の一実施例を説明する。

【0018】図1は、本発明に係る3次元画像撮影装置におけるカメラと投光器の配置関係を示す図である。図のように、本実施例では、3台のカメラ1～3および投光器4を備える。各カメラの距離関係が揃うように、図示の距離I₁、I₂、I₃は等しくされている。カメラ3と投光器4は、ハーフミラー5を用いて光軸が一致するように配置される。カメラ1、2は、カメラ3と投光器4の両側に、それらと光軸が異なるように配置される。中央の光軸と両側の光軸との距離が基線長Lである。

【0019】投光器4は、光源6と、マスクパターン7と、強度パターン8と、プリズム9とを有する。ここで光源6は、赤外もしくは紫外光を用いた不可視領域の光源を用いることができる。この場合、各カメラは図2に示すように構成される。すなわち、入射してきた光10は、プリズム11で2方向に分割され、一方は不可視領域（赤外あるいは紫外）透過フィルター12を通過して撮像装置（例えばCCDカメラ）13に入射し、他方は不可視領域（赤外と紫外）遮断フィルター14を通過して撮像装置15に入射する。また光源6は、可視領域あるいは不可視領域に限定せず、撮像可能な波長帯の光源を用いてもよい。この場合、カメラ3においては、プログラシブスキャンタイプのCCDカメラを用い、カメラ1、2に関しては、特に構成はこだわらない。ただし、カメラ3との対応を考慮すれば、同じ構成のCCDカメラが望ましい。光源6からパターンが投影され、3台のカメラ1～3が同時に撮影を行う。そして各カメラは、フィルター12、14を通過した光を撮像装置13、15で得ることにより、画像の一括取得を行う。

【0020】図3は、本発明に係る3次元画像撮影装置の一実施例を示す図である。図示のように、カメラ1は、撮影して得た輝度情報を輝度値メモリ21に記憶し、撮影パターンをパターン画像メモリ22に記憶する。カメラ2は、同様に、輝度情報を輝度値メモリ23に記憶し、撮影パターンをパターン画像メモリ24に記憶する。カメラ3は、輝度情報を輝度値メモリ25に記憶し、撮影パターンをパターン画像メモリ26に記憶する。投光器4は、事前に作成したコード化されたパターンを後に参照する為に、各スリットを正方格子上のセルに分割してフレームメモリ27に格納している。

【0021】この記憶保持された撮影パターンおよび輝度情報を用いて、次のようにして3次元画像を得る。以下の操作は、カメラ1とカメラ3の組み合わせ、カメラ2とカメラ3の組み合わせの双方に共通なので、ここではカメラ1とカメラ3の組み合わせを例にとって説明する。

【0022】図3において、領域分割部28は、カメラ3で撮影された撮影パターンの領域分割を行う。そして、隣り合うスリットパターン間の強度差が閾値以下で

ある領域については投光器からの光が届いてない領域1として抽出し、スリットパターン間の強度差が閾値以上である領域については領域2として抽出する。再コード化部29は、抽出された領域2について、パターン画像メモリ26に記憶された撮影パターンとフレームメモリ27に格納された投影パターンを用いて再コード化を行う。

【0023】図4は、再コード化を行う際のフローチャートである。まず、各スリットパターンをスリット幅毎に縦方向に分割し（ステップ41）、正方形のセルを生成する。生成された各セルについて強度の平均値をとり、平均値を各セルの強度とする（ステップ42）。画像の中心から順に、投影パターン及び撮影パターンの対応する各セル間の強度を比較し、対象物の反射率、対象物までの距離などの要因によってパターンが変化したためにセル間の強度が閾値以上異なるかどうかを判断する（ステップ43）。閾値以上異なる場合は、撮影されたすべてのセルについて再コード化を終了する（ステップ47）。閾値以上異なる場合は、新たな強度のセルかどうか判断する（ステップ44）。そして、新たな強度のセルのときは、新たなコードの生成、割り付けを行う（ステップ45）。また、新たな強度のセルでないときは、他に出現している部位と識別可能とするスリットパターンの並びを用いてコード化する（ステップ46）。これで、再コード化を終了する（ステップ47）。

【0024】図5はスリットパターンのコード化の例を示すもので、同図（a）はスリットの並びによってコード化された投影パターンであり、強度としてそれぞれ3（強）、2（中）、1（弱）が割り当てられている。同図（b）においては、左から3つめのセルで強度が変化して新たなコードが出現したので、新たに0というコードを割り当てている。同図（c）においては、左から3つめ上から2つめのセルに既存のコードが出現しているので、セルの並びから新たなコードとして、縦の並びを[2 3 2]、横の並びを[1 3 1]という具合に再コード化する。この再コード化は、対象の形状が変化に富む部位には2次元パターンなどの複雑なパターンを投光し、変化の少ない部位には簡単なパターンを投光しているのに等しい。この過程を繰り返し、全てのセルに対して一意なコードを割り付けることで再コード化を行う。

【0025】図6は、カメラ1～3および投光器4を用いて、壁61の前に配置された板62にコード化されたパターンを投光する例を示す。ここでコード化されたパターンは、図7に示すスリットパターンである。このとき、カメラ1、カメラ2で得られる画像は、図8及び図9に示すように、それぞれ板62の影となる領域81、91が生ずる。本例では、板62の表面には新たにコード化されたパターンとして、図10に示すようなスリットパターンが得られる。

【0026】次に図3に戻って説明する。カメラ1側のコード復号部30は、パターン画像メモリ22から投影パターンを抽出し、上述と同様にしてセルに分割する。そして、先に再コード化部29で再コード化されたコードを用いて各セルのコードを検出し、この検出したコードに基づいて光源からのスリット角θを算出する。図11は空間コード化における距離の算出方法を示す図であり、各画素の属するセルのスリット角θとカメラ1で撮影された画像上のx座標とカメラパラメータである焦点距離Fと基線長Lとから、次の(数1)によって距離Zを算出する。

【0027】

【数1】

$$Z = (F \times L) / (x + F \times \tan \theta) \quad (\text{数1})$$

【0028】この距離Zの算出は、カメラ2側のコード復号部31においても、同様に行われる。

【0029】また、上述の領域1については次のようにして距離を算出する。領域1では、投光されたパターンによるパターン検出は行うことができないので、対応点探索部32において、カメラ1～3の輝度値メモリ21、23、25から読み出された輝度情報を用いて視差を検出し、これに基づいて距離を算出する。領域1を除く領域に対しては、前述の操作により距離が算出されているので、領域1の距離の最小値が得られ、また対応づけ可能な画素も限定される。これらの制限を用いて、画素間の対応づけを行い視差dを検出し、カメラパラメータである画素サイズ入を用いて、次の(数2)によって距離Zを算出する。

【0030】

【数2】

$$Z = (L \times F) / (\lambda \times d) \quad (\text{数2})$$

【0031】前述の手法でカメラ3とカメラ1の組み合わせによって得られた距離情報では、図8に示す板の影となる領域81の距離情報が検出できない。一方、カメラ3とカメラ2の組み合わせによって得られた距離情報では、図9に示す板の影となる領域91の距離情報が検出できない。しかし影の部分は、図12に示すパターンのように、カメラ3において輝度情報として取り込みの出来ない領域である。従って影の部分は無視して、図3の距離情報統合部33において、カメラ3とカメラ1の組で算出された距離情報およびカメラ3とカメラ2で算出された距離情報、並びにカメラ1～3の輝度情報から算出された距離情報を、カメラ3で取得した輝度情報と統合することにより3次元画像情報を得る。以上の操作によって得られた3次元画像情報を3次元画像メモリ34に記憶することで3次元画像撮影が行なわれる。

【0032】本発明は上記実施例に限られるものではない。上記実施例では、光源として赤外光源あるいは紫外光源を用いているが、他の波長を用いても実現できる。また、それぞれパターンを強度だけでなく、2つの波長

の違いを利用したコード化も可能である。例えば、2つの異なる波長光を用いて図13(a)のようにコード化することができる。本図では、ハッチングされている部分とハッチングされていない部分で波長が異なる。この

05 ようなパターンを投影する為には、図13(b)、(c)に示すようなマスクパターンを用いる。投影パターンを2つの波長でコード化することによって、単なる強度によるパターンのコード化よりも識別が容易となる。また対象物の反射率や形状によって、あるパターン10 が他の部分のパターンと同じパターンに変化してしまう確率が減少する。これにより誤認識が減り、再コード化にかかる計算量も減少する。

【0033】可視領域の光源を使用するためには、投影パターンの点滅およびカメラ3の読み込みを工夫しなければならない。従来のCCDカメラはインターレーススキャン方式で、1フレームを2フィールドに分けて走査している。それに対して、プログレッシブスキャン方式は、1フレーム1フィールドの走査である。従って、1フレームの読み込み時間が半分となる。また、可視領域15 の光源を使用してパターンを投影する場合は輝度画像との対応がとれないので、プログレッシブスキャン方式のCCDカメラを用いて、1フレームおきに投影パターンを点滅させて撮像する。あるフレームに輝度画像、次のフレームで投影パターンの撮像を行い、2フレームで輝度情報と距離情報を得る。2フレームを1つの周期として撮像するが、実質的には、インターレーススキャン方式の走査時間と同様である。カメラ1、2に関しても同様な方法で、距離情報および対応点探索用の輝度情報を取得することができる。

20 30 【0034】本発明によれば、投影したパターンを同じ光軸で撮影したパターンを用いて再コード化することにより、精度良く3次元形状計測を行うことができる。この再コード化により、対象物の形状によってパターン光を変化させるのに等しい効果を得ることができる。カメラの配置と組み合わせによって、パターン投影法で問題となるオクルージョンを排除できる。不可視光による投光、あるいは投影パターンの投光方法と撮像素子の読み込みタイミングを工夫することによって、距離情報と輝度情報の一括取得が可能である。従って、対象の形状や40 撮影条件に依存せず、ファインダーとなる画面中にオクルージョンのない3次元距離計測を行うことができる。

【0035】
【発明の効果】本発明によれば、対象物に依存せず精度良く3次元画像を撮影可能な3次元画像撮影装置を得る45 ことができる。また、輝度情報と距離情報を同時に取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る3次元画像撮影装置におけるカメラと投光器の配置関係を示す図である。

50 【図2】カメラの構成例を示す図である。

【図3】本発明に係る3次元画像撮影装置の一実施例を示すブロック図である。

【図4】再コード化を行う際のフローチャートである。

【図5】(a)～(c)はそれぞれスリットパターンのコード化の例を示す図である。

【図6】カメラ及び投光器を用いて投影パターンを投光、撮影する例を示す図である。

【図7】投影パターンの一例を示す図である。

【図8】カメラ1で撮影されたスリットパターンの一例を示す図である。

【図9】カメラ2で撮影されたスリットパターンの一例を示す図である。

【図10】新たにコード化されたスリットパターンの一例を示す図である。

【図11】空間コード化における距離の算出方法を示す図である。

【図12】カメラ3で撮影されたスリットパターンの一

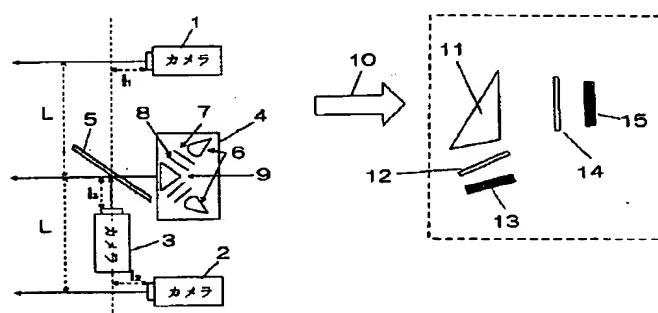
例を示す図である。

【図13】(a)は異なる波長光による投影パターンの例を示す図、(b)および(c)はそのマスクパターンを示す図である。

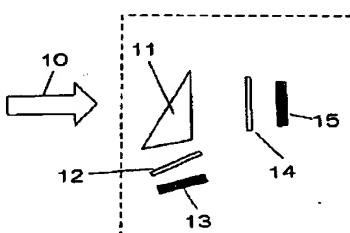
05 【符号の説明】

1、2、3	カメラ
4	投光器
21、23、25	輝度値メモリ
22、24、26	パターン画像メモリ
10	27 フレームメモリ
28	領域分割部
29	再コード化部
30	コード復号部
31	対応点探索部
15	33 距離情報統合部
32	34 3次元画像メモリ

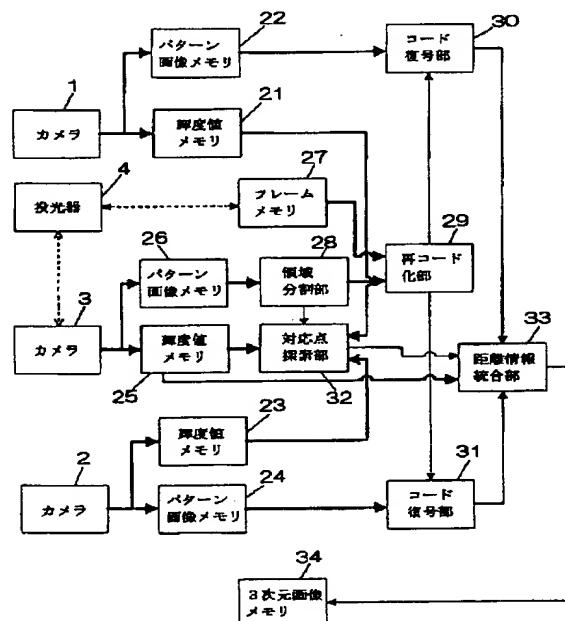
【図1】



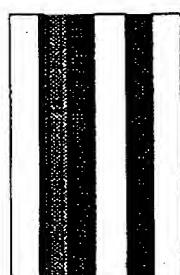
【図2】



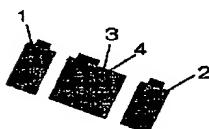
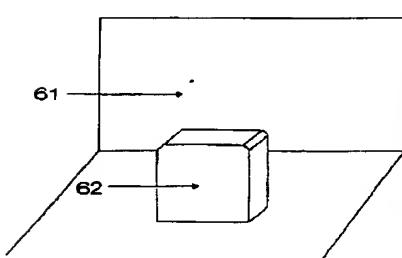
【図3】



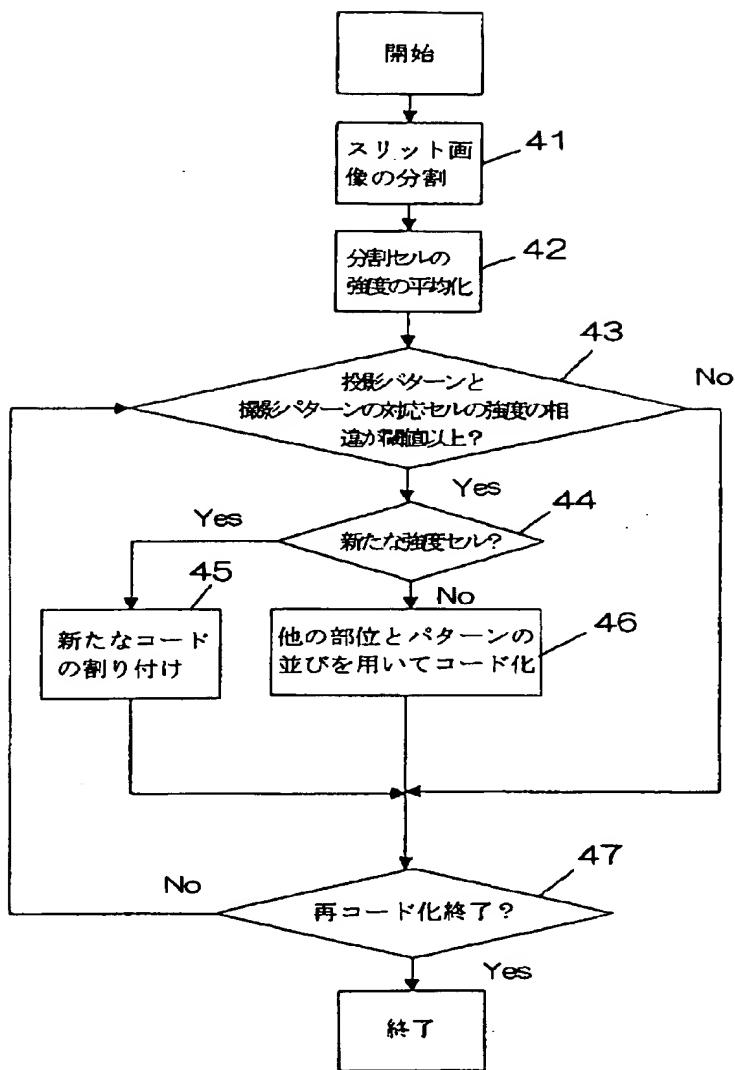
【図10】



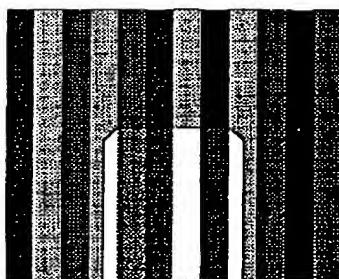
【図6】



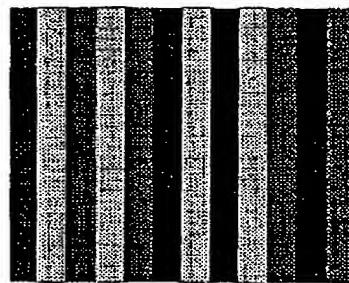
【図4】



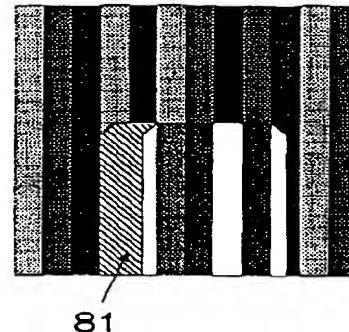
【図12】



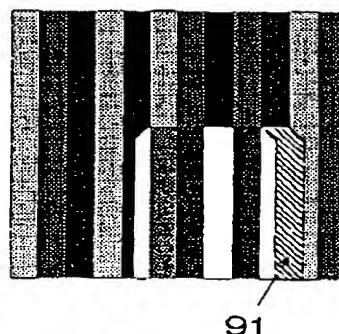
【図7】



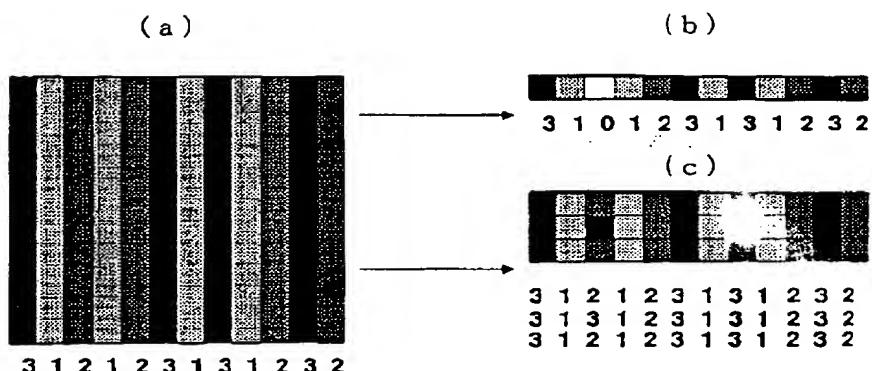
【図8】



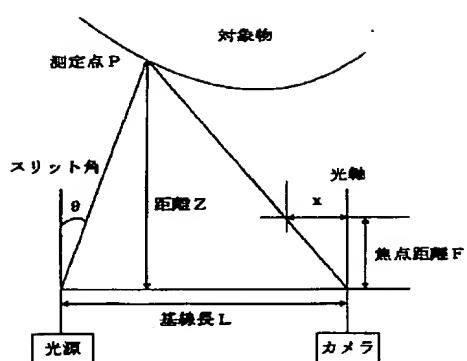
【図9】



【図5】

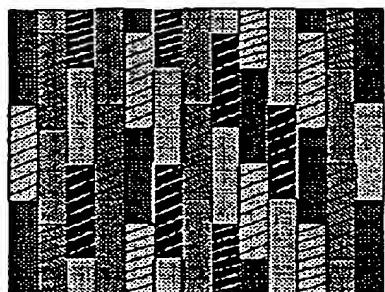


【図11】

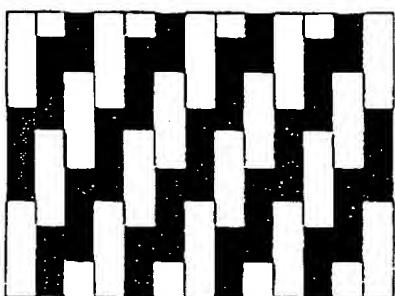


【図13】

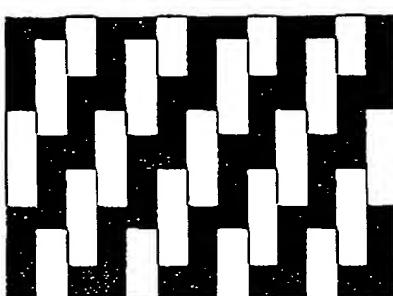
(a)



(b)



(c)



フロントページの続き

F ターム (参考) 2F065 AA04 AA22 BB05 FF04 FF09
HH07 JJ03 JJ05 JJ26 LL22
LL26 LL46 MM22 QQ00 QQ24
QQ25 QQ42 SS02 UU01 UU02
UU05
5B057 BA02 BA15 CA13 CB13 DC02

35

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.